

3-3

**CERAMIC HEATER**

Patent Number: JP11339939  
Publication date: 1999-12-10  
Inventor(s): NAKAMA HIDENORI  
Applicant(s): KYOCERA CORP  
Requested Patent: ☐ JP11339939  
Application Number: JP19980150381 19980529  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H05B3/20; H01L21/205; H01L21/68  
EC Classification:  
Equivalents:

**Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a ceramic heater provided with a cylindrical support in which a temperature distribution of the surface can be uniformized and a rapid rise of a temperature of 20 deg.C/min or more can be realized.

**SOLUTION:** In a ceramic heater in which an upper surface of a ceramic body in which a resistant heating element 4 having an approximately concentric heating element pattern Q is buried is a surface to place an object W to be heated and a cylindrical support made of ceramics is joined to a lower surface of the ceramic body described above, when a zone of an area Q1 positioned at an inner side than the cylindrical supporting body of the heating element pattern Q described above is defined as S1, resistance of a resistant heating element 4a in the area Q1 is defined as R1, a zone of an area Q2 positioned at an outer side than the cylindrical supporting body of the heating element pattern Q described above is defined as S2 and resistance of a resistant heating element 4b in the area Q2 is defined as R2, R1/S1 is made 3-60% larger than R2/S2.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

JP 11-339939, A

[Title of the Invention]

CERAMIC HEATER

[Abstract]

[Object] To provide a ceramic heater 1 comprising a cylindrical supporting body 6 and characterized in that the ceramic heater 1 is capable of making the temperature distribution in a mounting face 3 even and quickly increasing the temperature at 20°C/min or more rate.

[Solution] The ceramic heater 1 is one comprising a ceramic body 2 in which resistance heating elements 4 having an approximately concentric heating pattern Q are embedded and whose top face is used as a mounting face 3 for an object W to be heated and a cylindrical support 6 made of a ceramic and joined to the down face of the foregoing ceramic body 2 and the ceramic heater with such a structure is made so as to satisfy that the ratio  $R1/S1$  is higher by 3 to 60% than the ratio  $R2/S2$ , wherein S1 stands for the surface area of the region Q1 of the heating pattern Q positioned in the inside of the cylindrical support 6; R1 stands for the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region Q1; S2 stands for the surface area of the region Q2 of the heating pattern Q positioned in the outside of the cylindrical support 6; and R2 stands for the resistance

value of the resistance heating elements 4b in the region Q2.

[Claim]

1. A ceramic heater comprising a ceramic body embedding resistance heating elements having an approximately concentric or spiral heating pattern therein and having the top face as a mounting face for an object W to be heated and a cylindrical support made of a ceramic and joined to the down face of the ceramic body, wherein the ceramic heater is made so as to satisfy that the ratio  $R1/S1$  is higher by 3 to 60% than the ratio  $R2/S2$  wherein S1 stands for the surface area of the region Q1 of the heating pattern Q positioned in the inside of the cylindrical support 6; R1 stands for the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region Q1; S2 stands for the surface area of the region Q2 of the heating pattern Q positioned in the outside of the cylindrical support 6; and R2 stands for the resistance value of the resistance heating elements 4b in the region Q2.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field of the Invention]

The invention relates to a ceramic heater, particularly a ceramic heater to be used for a film formation apparatus for CVD, PVD, sputtering or the like, and above all, a ceramic heater suitable for a semiconductor fabrication apparatus.

[0002]

[Prior Art]

Conventionally, in the fabrication process of a semiconductor device, a stainless heater has been used as a heat source for heating at temperatures for various treatments of a semiconductor wafer (hereinafter referred to as wafer) in a film formation apparatus for CVD, PVD, sputtering or the like capable of forming a thin film on the wafer.

[0003]

However, in the film formation apparatus, since an intensely corrosive halogen-type gas such as chlorine type, fluorine type or the like is used as a deposition gas or a cleaning gas, there occur problems that free particles are generated by exposure to such a gas and that heat efficiency is deteriorated to result in inverse effects on the quality of a film to be grown and the thickness of the film.

[0004]

In order to solve such problems, a ceramic heater comprising resistance heating elements embedded in a dense and highly corrosion resistant ceramic is proposed.

[0005]

As the general structure of the ceramic heater 11 shown in Figs. 5(a), 5(b), the ceramic heater 11 comprises a disk-like dense ceramic body 12 and, for example, resistance heating elements 14 in a spiral heating pattern P shown in Fig. 6 are

embedded therein and the resistance heating elements 14 are made of a single material such as tungsten or molybdenum and made to have uniform line width and line thickness. Further, the top face of the ceramic body 12 is made to be a mounting face 13 for mounting an object W to be heated such as a wafer or the like thereon and heating it to a prescribed temperature and a cylindrical support 16 made of a ceramic for disposing the ceramic heater 11 in a reaction treatment chamber (not illustrated) is joined to the center of the down face of the ceramic body 12, the inside and the outside of the reaction treatment chamber is air-tightly sealed by the cylindrical support 16 and further, electricity supply terminals 15 for applying electricity to the resistance heating elements 14 from the inside of the cylindrical support 16 are led to the outside of the reaction treatment chamber (see Japanese Unexamined Patent Publication No. 6-28258).

[0006]

[Problems to be Solved by the Invention]

Although a W film has been used as a film material to form a film on a wafer in film formation process so far, recently owing to variation of film materials, a Ti film, a SiO<sub>2</sub> film, and a WSix film tend to be used and following that, film formation is required to be carried out at a treatment temperature in a range of 500°C to 900°C, which has been about 400°C before. Further, in order to increase the productivity, the treatment time,

especially, the time taken to raise the temperature of the ceramic heater 11 to a prescribed treatment temperature is needed to be as short as possible and it is required to carry out quick temperature increase at 20°C/min or more, which has been 5 to 10°C/min before. However, if the ceramic heater 11 is heated, heat release, meaning that the heat is released to a reaction treatment chamber through a cylindrical support 16 takes place, the heat quantity in the center of the ceramic heater 11 where the cylindrical support 16 is positioned becomes smaller than that in peripheral parts and, accordingly, the even heating of a mounting face 13 is inhibited. Therefore, the film quality and the film thickness differ in every film formation and it becomes impossible to stably form thin films with constant quality.

[0007]

Moreover, if the heat release is significant, intense thermal stress is generated in the ceramic heater 11 to result in a problem that cracks are formed in the ceramic heater 11. Especially, this problem tends to become more serious problem as the temperature increase rate is increased more.

[0008]

[Means for Solving the Problems]

In consideration of the above-mentioned problems, the invention provides a ceramic heater which comprises a ceramic body embedding resistance heating elements having an

approximately concentric or spiral heating pattern therein and having the top face as a mounting face for an object W to be heated and a cylindrical support made of a ceramic and joined to the down face of the ceramic body and which is characterized in that the ceramic heater is made so as to satisfy that the ratio  $R1/S1$  is higher by 3 to 60% than the ratio  $R2/S2$  wherein  $S1$  stands for the surface area of the region  $Q1$  of the heating pattern  $Q$  positioned in the inside of the cylindrical support 6;  $R1$  stands for the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region  $Q1$ ;  $S2$  stands for the surface area of the region  $Q2$  of the heating pattern  $Q$  positioned in the outside of the cylindrical support 6; and  $R2$  stands for the resistance value of the resistance heating elements in the region  $Q2$ .

[0009]

[Operation]

According to the invention, since the resistance value of the resistance heating elements per unit surface area in the region in the inside of the cylindrical support ( $R1/S1$ ) is made higher than the resistance value of the resistance heating elements per unit surface area in the region in the outside of the cylindrical support ( $R2/S2$ ), the heat to be released through the cylindrical support is compensated and the temperature distribution in the mounting face can be made even. Further, since the resistance value ( $R1/S1$ ) is made higher by 3 to 60% than the resistance value ( $R2/S2$ ), it is made possible to obtain a

ceramic heater which is not cracked even if rapid heating at 20°C/min or more heating rate is carried out.

[0010]

[Embodiments of the Invention]

Hereinafter, embodiments of the invention will be described.

[0011]

Fig. 1(a) is a perspective view of a ceramic heater of the invention. Fig. 1(b) is a cross-sectional view along the X-X line of the ceramic heater Fig. 1(a) comprising a disk-like ceramic body 2 embedding resistance heating elements 4 therein and having the upper face of the ceramic body 2 as a mounting face 3 of an object W to be heated. A cylindrical support 6 made of a ceramic for disposing the ceramic heater 1 in a reaction treatment chamber (not illustrated) is joined to the center of the down face of the ceramic body 2, and the inside and the outside of the reaction treatment chamber is air-tightly sealed by the cylindrical support 6 and further the electricity supply terminals 5 for electricity application to the resistance heating elements 4 are led to the outside of the reaction heating chamber from the inside of the cylindrical support 6.

[0012]

Further, the heating pattern of the resistance heating elements 4 embedded in the ceramic body 2 is made, for example, approximately concentric as shown in Fig. 2 and in the case the



surface area of the heating pattern Q is defined as S, the surface area S is adjusted to be 80% or more in the entire mounting face

3. The pattern shape of the heating pattern Q is not limited to that shown in Fig. 2 and can be any pattern shape such as spiral shape shown in Fig. 6 with which even heating can be carried out.

[0013]

The invention is characterized in that the resistance value of the resistance heating elements per unit surface area in the region in the inside of the cylindrical support ( $R1/S1$ ) is made higher than the resistance value of the resistance heating elements per unit surface area in the region in the outside of the cylindrical support ( $R2/S2$ ), wherein S1 stands for the surface area of the region Q1 of the heating pattern Q positioned in the inside of the outermost circumference of the cylindrical support 6; R1 stands for the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region Q1 positioned in the inside of the outermost circumference of the cylindrical support 6; S2 stands for the surface area of the region Q2 positioned in the outside of the outermost circumference of the cylindrical support 6; and R2 stands for the resistance value of the resistance heating elements 4b in the region Q2 positioned in the outside of the outermost circumference of the cylindrical support 6.

[0014]

That is, when the ceramic heater 1 is heated, heat is

released to the reaction treatment chamber through the cylindrical support 6 and heat release takes place and even heating of the mounting face 3 is inhibited and especially, at the time of increasing the temperature, significant thermal stress is generated in the boundary of the center of the ceramic heater 1 to which the cylindrical support 6 is joined and the periphery of the ceramic heater 1 to which no cylindrical support 6 is joined and therefore, there is a risk of occurrence of cracking of the ceramic heater 1. Since the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region Q1 of the heating pattern Q positioned in the inside of the cylindrical support 6 per unit surface area ( $R1/S1$ ) is made higher than the resistance value of the resistance heating elements 4b in the region Q2 positioned in the outside of the cylindrical support 6 per unit surface area ( $R2/S2$ ) and the heat radiation quantity in the center of the ceramic heater 1 to which the cylindrical support 6 is joined is made higher than that in the peripheral part, the heat loss due to the heat release can be compensated and the temperature distribution in the mounting face 3 can be made even and further since the heat radiation quantity in the center of the ceramic heater 1 can be made higher than that in the periphery at the time of raising the temperature, the thermal stress generated in the ceramic heater 1 can be moderated and damages on the ceramic heater 1 attributed to the rapid temperature rising rate can be prevented.

[0015]

However, it is important that the resistance value ( $R1/S1$ ) is made higher by 3 to 60%, preferably 5 to 20%, than the resistance value ( $R2/S2$ ).

[0016]

That is because if the resistance value ( $R1/S1$ ) is higher by less than 3% than the resistance value ( $R2/S2$ ), the heat loss due to the heat release from the cylindrical support 6 cannot be compensated and the temperature in the center of the mounting face 3 could be lower than in the periphery to make it impossible to obtain even temperature distribution and at the same time, significant thermal stress might be generated in the ceramic heater 1 and cracking might occur at the time of raising temperature and on the contrary, if the resistance value ( $R1/S1$ ) is higher by more than 60% than the resistance value ( $R2/S2$ ), since the heat radiation quantity by the resistance heating elements 4a becomes too high due to the heat release from the cylindrical support 6, the temperature in the center of the mounting face 3 could be higher than in the periphery to make it impossible to obtain even temperature distribution and at the same time, significant thermal stress might be generated at the time of raising temperature to result in cracking of the ceramic heater 1.

[0017]

The method for calculating the resistance value ( $R1/S1$ )

and the resistance value ( $R2/S2$ ) from the ceramic heater 1 to which the cylindrical support 6 is joined may be carried out, for example, in the case of the ceramic heater 1 having the heating pattern Q shown in Fig. 2, by cutting the cylindrical support 6 at first, analyzing the shape of the heating pattern Q embedded in the ceramic body 2 by radiating x-ray, and defining the surface area in the region Q1 positioned in the inside of the cylinder as S1 and the surface area in the region Q2 positioned in the outside of the cylinder as S2.

[0018]

Meanwhile, the resistance value R1 of the resistance heating elements 4a in the region Q1 positioned in the inside of the cylindrical support 6 and the resistance value R2 of the resistance heating elements 4b in the region Q2 positioned in the outside of the cylindrical support 6 are measured as the resistance value R1 of the resistance heating elements embedded in a disk-like ceramic body and the resistance value R2 of the resistance heating elements embedded in a ring-like ceramic body, respectively, in the cases the ceramic body 2 is divided along the outermost circumference of the cylindrical support 6 into the disk-like ceramic body and the ring-like ceramic body and the resistance value ( $R1/S1$ ) and the resistance value ( $R2/S2$ ) are calculated from these measured values.

[0019]

The following method is applicable for changing the

resistance values ( $R1/S1$ ) and ( $R2/S2$ ) of the resistance heating elements 4a and 4b per unit surface area.

[0020]

(In the case of forming resistance heating elements 4 by screen printing)

(1) A method by making the thickness of the resistance heating elements 4a, 4b similar and making the line width of the resistance heating elements 4a different from that of the resistance heating elements 4b. That is, the line width of the resistance heating elements 4a is made narrower than that of the resistance heating elements 4b.

[0021]

(2) A method by making the line width of the resistance heating elements 4a, 4b similar and making the thickness of the resistance heating elements 4a different from that of the resistance heating elements 4b. That is, after the resistance heating elements 4a and resistance heating elements 4b are printed by screen printing, resistance heating elements are again layered on the portion corresponding to the resistance heating elements 4b by screen printing.

[0022]

(3) A method by making both of the thickness and the line width of the resistance heating elements 4a and 4b respectively similar and making the compositions of the resistance heating elements 4a and the resistance heating elements 4b different.

For example, in the case the resistance heating elements are formed mainly from tungsten, the addition amount of tungsten carbide to the resistance heating elements 4b is made higher than the addition amount of tungsten carbide to the resistance heating elements 4a, so that the resistance value of the resistance heating elements 4a per unit surface area ( $R1/S1$ ) can be higher than the resistance value of the resistance heating elements 4b per unit surface area ( $R2/S2$ ).

[0023]

(In the case of using a wire for the resistance heating elements 4

(4) A method by making the thickness of the resistance heating elements 4a, 4b similar and changing the number of the turns of the resistance heating elements 4a and the resistance heating elements 4b. That is, the number of the turns of the resistance heating elements 4a is made higher than that of the resistance heating elements 4b.

[0024]

There are following two methods as a method for producing the ceramic heater 4 comprising the resistance heating elements 4 embedded therein by the above-mentioned methods.

[0025]

At first, the first method is carried out by producing a conductive ink containing a high melting point metal or a conductive ceramic, forming the heating pattern Q by using the

above methods (1) to (3), for example, shown in Fig. 2 on a ceramic green sheet composing the ceramic body 2 from the ink by screen printing, and then layering other ceramic green sheets on the forgoing ceramic green sheet so as to cover the heating pattern Q to obtain a green sheet laminate. After that, the green sheet laminate is formed into a prescribed shape by cutting process and fired at a temperature at which the respective ceramic raw materials can be sintered to form the ceramic body 2 embedding the resistance heating elements 4 therein.

[0026]

The second method is carried out by using a wire made of a high melting point metal for the resistance heating elements 4, arranging the spiral wiring, which is produced from the wire by the method (4), in the heating pattern Q, for example, shown in Fig. 2 in ceramic raw materials, unitedly sintering the resulting body by hot press method, and the forming the obtained body into a prescribed shape by grinding process to obtain the ceramic body 2 embedding the resistance heating elements 4 therein.

[0027]

The ceramic body 2 obtained by these methods are subjected to grinding process for one main face to form a mounting face 3 and piercing process for the other main face to form recessed parts communicated to the resistance heating elements 4 and electricity supply terminals 5 are joined to the

recessed parts by soldering or other methods to form a ceramic heater 1.

[0028]

On the other hand, the cylindrical support 6 is formed by forming ceramic raw materials into a prescribed cylindrical shape by a common ceramic molding method such as an injection molding method, an extrusion molding method, a hydroisostatic pressing method, or the like and then firing the molded body at a temperature at which the ceramic raw materials can be sintered.

[0029]

The cylindrical support 6 is joined to the center of the down face of the ceramic body 2 so as to enclose the electricity supply terminals 5 of the ceramic body 2 either by glass joining or diffusion joining or in the case that the ceramic body 2 and the cylindrical support 6 are made of similar ceramics, by inserting a slurry of the above-mentioned ceramic raw materials between the joining faces of the ceramic body 2 and the cylindrical support 6 and unitedly sintering them to obtain the ceramic heater 1.

[0030]

Incidentally, with respect to the above-mentioned heating pattern Q, even if the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region Q1 in the inside of the cylindrical support 6 per unit surface area ( $R1/S1$ ) and the resistance value



of the resistance heating elements 4b in the region Q2 in the outside of the cylindrical support 6 per unit surface area ( $R_2/S_2$ ) are set in the above-mentioned range, in the case the thermal conductivity of the ceramic body 2 is less than 40 W/mK, the heat generated by the resistance heating elements 4 cannot be efficiently transmitted to the entire body of the ceramic body 2 and accordingly the evenly heating capability of the ceramic material is eliminated and even heating of the mounting face 3 in the case of a large ceramic heater 1 cannot be accomplished. Moreover, if the thickness of the ceramic body 2 is thick, the temperature distribution is caused in the thickness direction of the ceramic body 2 and thermal stress is generated to cause cracking in the interface where the resistance heating elements 4 are embedded in some cases.

[0031]

Moreover, since an intensely corrosive halogen type gas such as a chlorine type gas, fluorine type gas or the like is used for a gas for deposition or a gas for cleaning in a film formation apparatus, it is required to provide high corrosion resistance to such a halogen type gas.

[0032]

For that, it is important to use a ceramic having a thermal conductivity of 40 W/mk or more and high corrosion resistance to the halogen type gas for composing the ceramic body 2 and those having a thermal conductivity as high as

possible are preferable to be used.

[0033]

Practically, ceramics containing alumina, aluminum nitride, or boron nitride as a main component can be used and ceramics containing aluminum nitride as a main component are preferable among them.

[0034]

Further, the thermal conductivity of the cylindrical support 6 to be joined to the foregoing ceramic body 2 is desirable to be equal to or more than that of the ceramic body 2. That is because if the thermal conductivity of the cylindrical support 6 is remarkably lower than that of the ceramic body 2, the heat transmission is extremely slight when heat is generated by the ceramic heater 1 and the thermal stress is converged on the joining interface of the ceramic heater 2 and the cylindrical body 6 to result in separation of the cylindrical support 6 from the joining interface. Incidentally, similar ceramics containing alumina, aluminum nitride or boron nitride as a main component to those for the ceramic body 2 can be used for a ceramic composing the cylindrical support 6 and especially, in terms of improvement of the joining strength, a similar type ceramic to that of the ceramic body 2, moreover, the same ceramic as that of the ceramic body 2, may be used preferably. The similar type ceramic means those having an identical main component and the same ceramic means those having not only the identical

main component but also identical compositions and properties.

[0035]

As the resistance heating elements 4 to be embedded in the ceramic body 2, are used a high melting point metal such as tungsten, molybdenum, platinum, rhenium and the like, its alloy, or a carbide or nitride of Group IVA, VA, VIA elements and those having a thermal expansion coefficient close to that of the ceramic composing the ceramic body 2 may be properly selected and used.

[0036]

Accordingly, use of the ceramic heater 1 of the invention makes it possible to give an even temperature distribution with a temperature dispersion within 10% at the treatment temperature and prevent cracking even in a condition of rapid temperature rise at 20°C/min or more, that has not been accomplished before.

[0037]

(Examples)

After a slurry was produced by adding a binder, a solvent, a plasticizer, and the like to an AlN powder with 99.9% purity and mixing the mixture by a rotary mill for about 24 hours, a plurality of green sheets of AlN were produced by doctor blade method.

[0038]

On the other hand, for resistance heating elements 4, a

conductive ink was produced by adding a solvent, a plasticizer, a dispersant, and the like to a tungsten powder, kneading and pulverizing the mixture by a rotary mill, further adding a binder to the mixture, mixing it, and subjecting the obtained mixture to vacuum degreasing.

[0039]

A heating pattern Q in which the line width of resistance heating elements 4a are constant, which is formed into an approximately concentric shape from the conductive ink by screen printing, and which is positioned in such a manner that the width of the resistance heating elements 4a in the center thereof was controlled to be narrower than that of the resistance heating elements 4b positioned in the periphery thereof was laid on a laminate, which is obtained by layering a plurality of AlN green sheets. Then, the remaining AlN green sheets were layered further thereon so as to cover the heating pattern Q and the obtained body was thermally bonded to obtain a green sheet laminate. The green sheet laminate was ground in a disk-like shape and then subjected to degreasing process at a temperature of several hundred degrees in nitrogen atmosphere and fired at a temperature of 2000 to 2010°C to produce an aluminum nitride-based ceramic body 2 in a disk-like shape with an outer diameter of about 300 mm and a thickness of about 15 mm. The composition of the aluminum nitride composing the foregoing ceramic body 2 was found a high purity aluminum

nitride ceramic with an aluminum nitride content as high as 99.8% by weight according to the measurement by ICP.

[0040]

Further, in the heating pattern Q to be embedded in the ceramic body 2, the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region Q1 positioned in the inside of the cylindrical support 6, whose joining will be described later, per unit surface area ( $R1/S1$ ) and the resistance value of the resistance heating elements 4b in the region Q2 positioned in the outside of the cylindrical support 6 per unit surface area ( $R2/S2$ ) were respectively measured and found to be  $0.48 \Omega/\text{cm}^2$  and  $0.36 \Omega/\text{cm}^2$  and the resistance value ( $R1/S1$ ) was found higher by 33% than the resistance value ( $R2/S2$ ).

[0041]

Next, one main face of the obtained ceramic body 2 was polished to a roughness of  $0.1 \mu\text{m}$  on the basis of arithmetical mean deviation ( $Ra$ ) to form a mounting face 3 and at the same time, the other main face of the ceramic body 2 was pierced to form two recessed parts communicated to the resistance heating elements 4 and then electricity supply terminals 5 made of an Fe-Co-Ni alloy were fixed in the recessed parts by soldering using a silver-copper solder to obtain a ceramic heater 1.

[0042]

Then, a cylindrical support 6 in a cylindrical shape with an outer diameter of 70 mm and a thickness of 10 mm and made

of an aluminum nitride ceramic same as that of the ceramic body 2 was joined to the down face of the ceramic heater 1.

[0043]

When the mounting face 3 was heated at a set temperature of 700°C by applying a direct current voltage of 170 V to the ceramic heater 1 and the temperature of the mounting face was measured by a radiation thermometer (trade name: Thermoviewer), the average temperature of the mounting face 3 was 694°C as shown in Fig. 3 and even the lowest temperature in the face could be kept in 15°C difference from the set temperature and accordingly the temperature dispersion was suppressed to 2% or less to the set temperature 700°C and evenly heating property was obtained.

[0044]

On the other hand, for comparison, a ceramic heater 11 was produced by the same manner as that of Example, except that resistance heating elements 14 with the same heating pattern shape as shown in Fig. 2 but not subjected to the resistance adjustment were embedded in the ceramic body 12 and the mounting face 13 was heated by applying a direct current voltage of 170 V to the ceramic heater 11 and the average temperature of the mounting face 13 was found to be 654°C as shown in Fig. 4 and the lowest temperature thereof was found to be lower by as large as 114°C relative to the set temperature and thus the temperature dispersion was as

significant as 16.2% at the set temperature of 700°C.

[0045]

(Example 1)

With respect to the ceramic heater 1 of Example, experiments were carried out for confirming the temperature distribution in the mounting face 3 in the case that the resistance value of the resistance heating elements 4a in the region Q1 positioned in the inside of the cylindrical support 6 ( $R1/S1$ ) and the resistance value of the resistance heating elements 4b in the region Q2 positioned in the outside of the cylindrical support 6 per unit surface area ( $R2/S2$ ) were made different from each other.

[0046]

The respective results are as shown in Table 1.

[0047]

As a result, it was understood that the temperature dispersion of the mounting face 3 could be suppressed to 10% or less by controlling the resistance value ( $R1/S1$ ) to be higher by not lower than 3% and not higher than 60% than the resistance value ( $R2/S2$ ). Especially, it was made possible to suppress the temperature dispersion of the mounting face by controlling the resistance value ( $R1/S1$ ) to be higher by not lower than 5% and not higher than 50% than the resistance value ( $R2/S2$ ), thus giving excellent even heating property.

[0048]

[Table 1]

	$\frac{R1 \times S2}{S1 \times R2}$	Maximum temperature (°C)	Minimum temperature (°C)	Temperature difference (°C)	Temperature dispersion (%)
*1	0 (%)	700	598	102	14.6
2	3 (%)	700	642	58	8.3
3	5 (%)	700	685	15	2.1
4	10 (%)	700	698	7	1.0
5	30 (%)	700	672	28	4.0
6	60 (%)	700	636	84	9.1
*7	80 (%)	700	601	99	14.1

\* shows out of the scope of the present invention

[0049]

(Example 2)

Experiments were carried out for investigating the durability of the ceramic heater 1 used for Example 1 in the case of varying the temperature rising rate of the ceramic heater 1.

[0050]

The respective results are as shown in Table 2.

[0051]

As a result, it was understood that no cracking took place in the ceramic heater 1 even in the case the temperature rising rate was as high as 20°C/min by controlling the resistance value (R1/S1) to be higher by not lower than 3% and not higher than 60% than the resistance value (R2/S2). Especially, it was made



possible to prevent occurrence of cracking in the ceramic heater 1 even in the case the temperature rising rate was as high as 50°C/min by controlling the resistance value (R1/S1) to be higher by not lower than 5% and not higher than 50% than the resistance value (R2/S2), giving excellent durability.

[0052]

[Table 2]

	$\frac{R1 \times S2}{S1 \times R2}$	Temperature rising rate (min/°C)						
		5	10	15	20	30	40	50
*1	0 (%)	○	○	×	—	—	—	—
2	3 (%)	○	○	○	○	○	×	—
3	5 (%)	○	○	○	○	○	○	○
4	10 (%)	○	○	○	○	○	○	○
5	30 (%)	○	○	○	○	○	×	—
6	60 (%)	○	○	○	○	×	—	—
*7	80 (%)	○	○	×	—	—	—	—

\* shows out of the scope of the present invention

○ denotes no cracking; × denotes occurrence of cracking

[Effects of the Invention]

As described above, according to the invention, with respect to a ceramic heater comprising a ceramic body embedding resistance heating elements having an approximately concentric or spiral heating pattern therein and having the top face as a mounting face for an object W to be heated and a cylindrical support made of a ceramic and joined to the down

face of the ceramic body, since the ratio  $R1/S1$  is made higher by 3 to 60% than the ratio  $R2/S2$  wherein  $S1$  stands for the surface area of the region of the heating pattern positioned in the inside of the cylindrical support;  $R1$  stands for the resistance value of the resistance heating elements positioned in the inside of the cylindrical support;  $S2$  stands for the surface area of the region of the heating pattern positioned in the outside of the cylindrical support; and  $R2$  stands for the resistance value of the resistance heating elements in the outside of the cylindrical support, the heat to be released through the cylindrical support can be compensated and the temperature distribution in the mounting face can be made even and consequently, a ceramic heater which is not cracked even if the temperature is quickly raised at  $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$  or more rising rate and thus has high reliability can be obtained.

[0054]

Moreover, since the ceramic body and cylindrical support composing the ceramic heater are made of a ceramic having high corrosion resistance and plasma resistance to a halogen type gas and plasma, even if the ceramic heater is used for the a film formation apparatus and an etching apparatus, it can be used for a long duration and since dust is scarcely generated following the corrosion or wear, even if the ceramic heater is used for, for example, a semiconductor fabrication apparatus, it does not cause no inverse effect on a semiconductor wafer.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1(a) is a perspective view of a cut portion of a ceramic heater of the invention and Fig. 1(b) is a cross-sectional view along the X-X line in Fig. 1(a).

Fig. 2 is a heating pattern embedded in the ceramic heater shown in Figs. 1(a) and 1(b).

Fig. 3 is an illustration showing the temperature distribution in the mounting face of the ceramic heater of the invention.

Fig. 4 is an illustration showing the temperature distribution in the mounting face of a conventional ceramic heater.

Fig. 5(a) is a perspective view of a cut portion of a conventional ceramic heater and Fig. 5(b) is a cross-sectional view along the X-X line in Fig. 5(a).

Fig. 6 is a heating pattern embedded in the ceramic heater shown in Figs. 5(a) and 5(b).

[Description of the Symbols]

- 1, 11: ceramic heater
- 2, 12: ceramic body
- 3, 13: mounting face
- 4 (4a, 4b), 14: resistance heating element
- 5, 15: electricity supply terminal
- 6, 16: cylindrical support
- Q, P: heating pattern

Q1: region positioned in the inside of cylindrical support  
Q2: region positioned in the outside of cylindrical support  
S: entire surface area of heating pattern  
R1: resistance value of resistance heating element in region S1  
R2: resistance value of resistance heating element in region S2  
W: object to be heated

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-339939

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	F I
H 0 5 B 3/20	3 2 8	H 0 5 B 3/20 3 2 8
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205
21/68		21/68 N

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 8 頁)

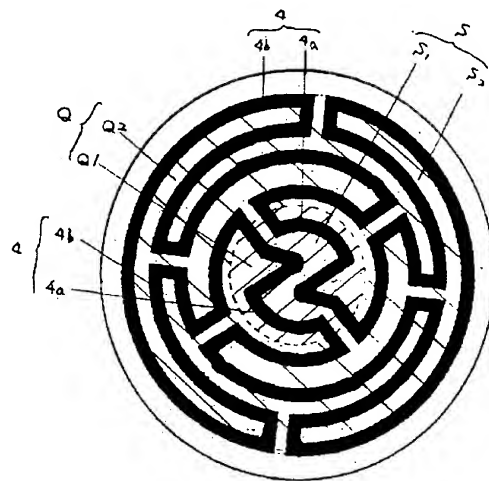
(21)出願番号	特願平10-150381	(71)出願人	000006633 京セラ株式会社 京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地
(22)出願日	平成10年(1998)5月29日	(72)発明者	中間 英徳 鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内

(54)【発明の名称】 セラミックヒータ

(57)【要約】

【課題】筒状支持体6を備えてなるセラミックヒータ1において、載置面3の温度分布を均一化できるとともに、 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上の急速昇温が可能なセラミックヒータ1を提供する。

【解決手段】略同心円状をした発熱パターンQを有する抵抗発熱体4を埋設してなるセラミック体2の上面を被加熱物Wの載置面3とし、上記セラミック体2の下面にセラミックスからなる筒状支持体6を接合してなるセラミックヒータ1において、上記発熱パターンQのうち筒状支持体6より内側に位置する領域Q1の面積をS1、該領域Q1における抵抗発熱体4aの抵抗値をR1とし、上記発熱パターンQのうち筒状支持体6より外側に位置する領域Q2の面積をS2、該領域Q2における抵抗発熱体4bの抵抗値をR2とした時、 $R1/S1$ を $R2/S2$ に対して3~60%の範囲で大きくする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】略同心円状又は略渦巻き状をした発熱パターンを有する抵抗発熱体を埋設してなるセラミック体の上面を被加熱物の載置面とし、上記セラミック体の下面にセラミックスからなる筒状支持体を接合してなるセラミックヒータにおいて、上記発熱パターンのうち筒状支持体より内側に位置する領域の面積を $S_1$ 、該筒状支持体より内側に位置する領域における抵抗発熱体の抵抗値を $R_1$ とし、上記発熱パターンのうち筒状支持体より外側に位置する領域の面積を $S_2$ 、該筒状支持体より外側に位置する領域における抵抗発熱体の抵抗値を $R_2$ とした時、 $R_1/S_1$ を $R_2/S_2$ に対して3～60%の範囲で大きくしたことを特徴とするセラミックヒータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、セラミックヒータに関し、特に、CVD、PVD、スパッタリングなどの成膜装置用として使用されるセラミックヒータ、その中でも半導体製造装置用セラミックヒータとして好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来、半導体装置の製造工程において、半導体ウエハ（以下、ウエハと称す。）に薄膜を形成するCVD、PVD、スパッタリングなどの成膜装置にはウエハを各種処理温度に加熱するための熱源としてステンレスヒータが使用されていた。

【0003】しかしながら、成膜装置では、デポジション用ガスやクリーニング用ガスとして塩素系やフッ素等の腐食性の強いハロゲン系ガスが使用されるため、これらのハロゲン系ガスに曝されるとパーティクルが発生したり、熱効率が悪くなるため、成膜する膜質や膜厚みに悪影響を与えるといった問題点があった。

【0004】こうした問題点を解決するために、耐食性に優れた緻密なセラミック体中に抵抗発熱体を埋設してなるセラミックヒータが提案されている。

【0005】図5（a）（b）にセラミックヒータ11の一般的な構造を示すように、11はセラミックヒータで、円盤状をした緻密なセラミック体12からなり、その内部には例えば図6に示すような渦巻き状をした発熱パターンPを有する抵抗発熱体14が埋設され、該抵抗発熱体14はタングステンやモリブデンなどの単一の材料からなり、同一線幅、同一線厚みに構成されていた。また、上記セラミック体12の上面はウエハ等の被加熱物Wを載置しつつ所定の温度に加熱するための載置面13とし、上記セラミック体12の下面中央にはセラミックヒータ11を反応処理室（不図示）内に設置するためのセラミックスからなる筒状支持体16が接合しており、該筒状支持体16により反応処理室の内外を気密にシールするとともに、上記筒状支持体16の内側より前記抵抗発熱体14に通電するための給電端子15を反応

処理室外へ取り出すようになっていた（特公平6-28258号公報参照）。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、成膜工程ではこれまでウエハに成膜する膜材質としてW膜が用いられていたが、近年、膜材質の多様化によりTi膜、SiO<sub>2</sub>膜、WSi<sub>x</sub>膜が使用されるようになり、これに伴ってこれまで処理温度が400℃程度であったものが500℃～900℃の処理温度で成膜することが要求されている。また、生産性を高めるためには処理時間、特にセラミックヒータ11を所定の処理温度に加熱するまでの昇温時間を極力短くする必要があり、これまで5～10℃/minの昇温速度であったものを20℃/min以上の急速昇温が要求されていた。ところが、上記セラミックヒータ11を発熱させると、筒状支持体16を介して反応処理室へ熱が逃げる熱引けが起こるため、筒状支持体16が位置するセラミックヒータ11の中央における熱容量が周縁より小さくなり、載置面13の均熱性が阻害されるといった課題があった。その為、成膜毎に膜質や膜厚みが異なり、一定品質の薄膜を安定して成膜することができなかった。

【0007】しかも、この熱引けが大きくなるとセラミックヒータ11に大きな熱応力が発生し、セラミックヒータ11にクラックが発生して割れてしまうといった問題点もあった。特に、この問題点はセラミックヒータ11の大型化、昇温速度の向上によりますます顕著な問題となっていた。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】そこで、本発明は上記課題に鑑み、略同心円状又は略渦巻き状をした発熱パターンを有する抵抗発熱体を埋設してなるセラミック体の上面を被加熱物の載置面とし、上記セラミック体の下面にセラミックスからなる筒状支持体を接合してなるセラミックヒータにおいて、上記発熱パターンのうち筒状支持体より内側に位置する領域の面積を $S_1$ 、該筒状支持体より内側に位置する領域における抵抗発熱体の抵抗値を $R_1$ とし、上記発熱パターンのうち筒状支持体より外側に位置する領域の面積を $S_2$ 、該筒状支持体より外側に位置する領域における抵抗発熱体の抵抗値を $R_2$ とした時、 $R_1/S_1$ を $R_2/S_2$ に対して3～60%の範囲で大きくしたことを特徴とする。

## 【0009】

【作用】本発明によれば、筒状支持体より内側に位置する領域における抵抗発熱体の単位面積当たりの抵抗値（ $R_1/S_1$ ）を、筒状支持体より外側に位置する領域における抵抗発熱体の単位面積当たりの抵抗値（ $R_2/S_2$ ）より大きくしてあることから、筒状支持体を介して熱引きされる温度を補い載置面の温度分布を均一化することができる。また、その抵抗値（ $R_1/S_1$ ）は抵抗値（ $R_2/S_2$ ）に対して3～60%としてあること

から、 $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以上の速度で急速に昇温しても割れないセラミックヒータを実現することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について説明する。

【0011】図1(a)は本発明のセラミックヒータを示す斜視図、(b)は(a)のX-X線断面図であり、抵抗発熱体4を埋設してなる円盤状をしたセラミック体2からなり、該セラミック体2の上面を被加熱物Wの載置面3としてある。また、上記セラミック体2の下面中央にはセラミックヒータ1を反応処理室(不図示)内に設置するためのセラミックスからなる筒状支持体6を接合してあり、該筒状支持体6によって反応処理室の内外を気密にシールするとともに、上記筒状支持体6の内側より前記抵抗発熱体4へ通電するための給電端子5を反応処理室外へ取り出すようになっている。

【0012】また、上記セラミック体2中に埋設する抵抗発熱体4の発熱パターンは、例えば、図2に示すような略同心円状としてあり、上記発熱パターンQが占める面積をSとした時、面積Sは載置面3全体の80%以上となるようにしてある。なお、発熱パターンQのパターン形状としては図2に示したもののだけに限定されるものではなく、図6に示す渦巻き状をしたものなど載置面3を均一に加熱できるパターン形状であれば良い。

【0013】そして、本発明は、上記発熱パターンQのうち筒状支持体6の最外周より内側に位置する領域Q1の面積をS1、上記筒状支持体6の最外周より内側に位置する領域Q1における抵抗発熱体4aの抵抗値をR1とするとともに、上記発熱パターンQのうち筒状支持体6の最外周より外側に位置する領域Q2の面積をS2、上記筒状支持体6の最外周より外側に位置する領域Q2における抵抗発熱体4bの抵抗値をR2とした時、上記筒状支持体6の内側に位置する領域Q1における抵抗発熱体4aの単位面積当たりの抵抗値( $R1/S1$ )を、上記筒状支持体6の外側に位置する領域Q2における抵抗発熱体4bの単位面積当たりの抵抗値( $R2/S2$ )より大きくしたことを特徴とする。

【0014】即ち、上記セラミックヒータ1を発熱させると、筒状支持体6を介して反応処理室側へ熱が奪われて熱引けが発生し、載置面3の均熱化が阻害されるとともに、特に昇温時において、筒状支持体6が接合されているセラミックヒータ1の中央と、筒状支持体6が接合されていないセラミックヒータ1の周縁との境界に大きな熱応力が発生し、セラミックヒータ1が割れてしまうといった恐れがあるが、本発明では、発熱パターンQの筒状支持体6より内側に位置する領域Q1における抵抗発熱体4aの単位面積当たりの抵抗値( $R1/S1$ )を、筒状支持体6より外側に位置する領域Q2における抵抗発熱体4bの単位面積当たりの抵抗値( $R2/S2$ )より大きくし、筒状支持体6が接合されているセラ

ミックヒータ1の中央の発熱量を周縁より大きくしてあることから、熱引けに伴う温度損失を補い、載置面6の温度分布を均一化することができるとともに、昇温時においてセラミックヒータ1の中央の発熱量を周縁より大きくできるため、セラミックヒータ1に発生する熱応力を緩和し、急速昇温によるセラミックヒータ1の破損を防ぐことができる。

【0015】ただし、上記抵抗値( $R1/S1$ )は抵抗値( $R2/S2$ )に対して3~60%の範囲で大きくすることが重要であり、好ましくは5~20%の範囲で大きくすることが良い。

【0016】これは抵抗値( $R1/S1$ )が抵抗値( $R2/S2$ )に対して3%未満であると、筒状支持体6からの熱引けに伴う温度損失を補えず、載置面3の中央における温度が周縁より低くなり、均一な温度分布を得ることができなくなるとともに、昇温時にセラミックヒータ1に大きな熱応力が発生し、割れてしまう恐れがあるからであり、逆に、抵抗値( $R1/S1$ )が抵抗値( $R2/S2$ )に対して60%より大きくなると、筒状支持体6からの温度損失より抵抗発熱体4aによる発熱量が大きくなり過ぎるために、載置面3の中央における温度が周縁より高くなり、均一な温度分布を得ることができなくなるとともに、昇温時に発生する熱応力が非常に大きくなりセラミックヒータ1が割れてしまうからである。

【0017】なお、筒状支持体6が接合されたセラミックヒータ1から抵抗値( $R1/S1$ )と抵抗値( $R2/S2$ )を求める方法としては、例えば、図2に示す発熱パターンQを有するセラミックヒータ1の場合、まず、筒状支持体6を切除し、X線を当ててセラミック体2中に埋設されている発熱パターンQの形状を解析し、筒状支持体6より内側に位置する領域Q1の面積をS1、上記筒状支持体6外側に位置する領域Q2の面積をS2として算出する。

【0018】一方、筒状支持体6より内側に位置する領域Q1における抵抗発熱体4aの抵抗値R1と筒状支持体6より外側に位置する領域Q2における抵抗発熱体4bの抵抗値R2は、セラミック体2を筒状支持体6の最外周が位置していた部分で円板状のセラミック体とリング状のセラミック体に2分割し、円板状のセラミック体に埋設されている抵抗値をR1、リング状のセラミック体に埋設されている抵抗値をR2としてそれぞれ測定し、これらの値から抵抗値( $R1/S1$ )と抵抗値( $R2/S2$ )を算出すれば良い。

【0019】ところで、抵抗発熱体4a、4bの単位面積当たりの抵抗値( $R1/S1$ )、( $R2/S2$ )を変化させるには以下の方法がある。

【0020】〔抵抗発熱体4をスクリーン印刷にて形成する場合〕

① 抵抗発熱体4a、4bの厚みを一定とし、抵抗発熱

体4 aと抵抗発熱体4 bの線幅を異ならせる方法。即ち、抵抗発熱体4 aの線幅を抵抗発熱体4 bの線幅より細くする。

【0021】② 抵抗発熱体4 a、4 bの線幅を一定とし、抵抗発熱体4 aと抵抗発熱体4 bの厚みを異ならせる方法。即ち、スクリーン印刷にて抵抗発熱体4と抵抗発熱体4 bを印刷したあと、抵抗発熱体4 bに相当する部分に再度スクリーン印刷にて抵抗発熱体を重ねる。

【0022】③ 抵抗発熱体4 a、4 bの厚み、線幅とも一定とし、抵抗発熱体4 aと抵抗発熱体4 bの組成を異ならせる方法。例えば、抵抗発熱体を主にタングステンによって形成する場合、抵抗発熱体4 bに含有させる炭化タングステンの添加量を抵抗発熱体4 aに含有させる炭化タングステンの添加量より多くすることにより、抵抗発熱体4 aの単位面積当たりの抵抗値( $R1/S1$ )を抵抗発熱体4 bの単位面積当たりの抵抗値( $R2/S2$ )より大きくできる。

【0023】〔抵抗発熱体4に線材を用いる場合〕

④ 抵抗発熱体4 a、4 bの線径を一定とし、抵抗発熱体4 aと抵抗発熱体4 bの巻き数を変更する方法。即ち、抵抗発熱体4 aの巻き数を抵抗発熱体4 bより多くする。

【0024】また、上記方法による抵抗発熱体4を埋設するセラミックヒータ1の製造方法としては次の2つの方法がある。

【0025】まず、第一の方法は、高融点金属や導電性セラミックスを含む導体インクを作製し、これをセラミック体2を構成するセラミックグリーンシート上に例えば図2に示す発熱パターンQを①～③の方法を用いてスクリーン印刷したあと、上記発熱パターンQを覆うように上記セラミックグリーンシート上に他のセラミックグリーンシートを積み重ねてグリーンシート積層体を製作する。そして、このグリーンシート積層体に切削加工を施して所定形状に形成したものを各種セラミック原料を焼結させることができる温度にて焼成することにより、抵抗発熱体4を埋設してなるセラミック体2を形成する。

【0026】第二の方法は、抵抗発熱体4として高融点金属からなる線材を用い、該線材を④の方法にて螺旋状に巻線したものを例えば図2に示す発熱パターンQに配置してセラミック原料中に埋置し、ホットプレス法にて焼結一体化したあと、研削加工を施して所定形状に形成することにより、抵抗発熱体4を埋設してなるセラミック体2を形成する。

【0027】これらの方法により得られたセラミック体2は、一方の主面に研磨加工を施して載置面3を形成するとともに、他方の主面に抵抗発熱体4に連通する凹部を穿設し、該凹部に給電端子5をロウ付け等の方法にて接合することによりセラミックヒータ1を形成する。

【0028】一方、筒状支持体6は、セラミック原料を

射出成形法、押し出し成形法、静水圧プレス成形法など通常のセラミック成形法にて所定の筒状に形成したあと、上記セラミック原料を焼結させることができる温度にて焼成して形成する。

【0029】そして、上記セラミック体2の給電端子5を内包するように上記セラミック体2の下面中央に筒状支持体6をガラス接合や拡散接合にて接合するか、あるいは上記セラミック体2と筒状支持体6とが同種のセラミックスからなる場合、上記セラミック原料の泥漿をセラミック体2と筒状支持体6の接合面間に介在させ、焼結一体化することによりセラミックヒータ1を得ることができる。

【0030】ただし、上記発熱パターンQにおいて、筒状支持体6より内側に位置する領域Q1における抵抗発熱体4 aの単位面積当たりの抵抗値( $R1/S1$ )と筒状支持体6より外側に位置する領域Q2における抵抗発熱体4 bの単位面積当たりの抵抗値( $R2/S2$ )を前記範囲で設定したとしてもセラミック体2の熱伝導率が $40\text{ W/mk}$ 未満であると、抵抗発熱体4の発熱を効率良くセラミック体2全体に伝えることができないために、セラミック材料による均熱化作用が無くなり、特に大型のセラミックヒータ1では載置面3の均熱化が達成できない。しかも、セラミック体2の厚みが厚くなると、セラミック体2の厚み方向に温度分布が生じ、熱応力が発生して抵抗発熱体4を埋設した界面からクラックが発生することもある。

【0031】しかも、成膜装置ではデポジション用ガスやクリーニング用ガスとして塩素系やフッ素等の腐食性の強いハロゲン系ガスが使用されているため、これらのハロゲン系ガスに対して耐食性の高いことが必要となる。

【0032】その為、セラミック体2を構成するセラミックスとしては熱伝導率が $40\text{ W/mk}$ 以上でかつハロゲン系ガスに対する優れた耐食性を有するセラミックスにより形成することが重要であり、可能な限り熱伝導率の高いものが望ましい。

【0033】具体的には、アルミナ、窒化アルミニウム、窒化硼素を主成分とするセラミックスを用いることができ、これらの中でも窒化アルミニウムを主成分とするセラミックスが好ましい。

【0034】また、上記セラミック体2に接合する筒状支持体6の熱伝導率は、セラミック体2の熱伝導率と同等あるいはそれ以上とすることが望ましい。これは、筒状支持体6の熱伝導率がセラミック体2よりも極端に低いと、セラミックヒータ1を発熱させたときの熱伝搬が非常に少なく、セラミック体2と筒状支持体6との接合界面に熱応力が集中して筒状支持体6が接合界面より剥離してしまうからである。なお、筒状支持体6を構成するセラミックスとしては、セラミック体2と同様のアルミナ、窒化アルミニウム、窒化硼素を主成分とするセラ



ミックスを用いることができ、特に、接合強度を高める観点からセラミック体2と同種のセラミックス、さらにはセラミック体2と同一のセラミックスにより形成することが良い。なお、同種のセラミックスとは、主成分が同じであることを言い、同一のセラミックスとは主成分は勿論のこと組成や特性が同じセラミックスのことを言う。

【0035】さらに、上記セラミック体2中に埋設する抵抗発熱体4としては、タングステン、モリブデン、白金、レニウム等の高融点金属やこれらの合金、あるいは周期律表第4a、5a、6a族元素の炭化物や窒化物を用いることができ、セラミック体2を構成するセラミックスとの熱膨張差が近似したものを適宜選択して用いれば良い。

【0036】かくして、本発明のセラミックヒータ1を用いれば、処理温度での温度バラツキが10%以内となるような均一な温度分布を得ることができるとともに、従来では成し得なかった20℃/min以上の急速な昇温においても割れることがない。

【0037】(実施例) 純度99.9%のAlN粉末に対してバインダー、溶剤、可塑剤等を加え、回転ミルにて24時間程度混合することにより泥漿を製作したあと、ドクターブレード法にてAlNのグリーンシートを複数枚形成する。

【0038】一方、抵抗発熱体4として、タングステン粉末に溶剤、可塑剤、分散材等を加えて回転ミルにて混合粉砕したあと、バインダーを加えてさらに混合し、真空脱脂することにより導体インクを製作する。

【0039】そして、前記AlNのグリーンシートを数枚積み重ねた上に、上記導体インクをスクリーン印刷にて図2に示すような略同心円状をなし、抵抗発熱体4の厚みはほぼ一定とした状態で中央に位置する抵抗発熱体4aの線幅を周縁に位置する抵抗発熱体4bの線幅より狭くした発熱パターンQを敷設し、該発熱パターンQを覆うように残りのAlNのグリーンシートを積み重ね、熱圧着によりグリーンシート積層体を形成した。そして、このグリーンシート積層体に切削加工を施して円盤状に形成したあと、数百℃の窒素雰囲気にて脱脂し、次いで窒素雰囲気中にて2000～2010℃の温度にて焼成することにより、外径が約300mm、厚みが約15mmの円盤状をした窒化アルミニウム製のセラミック体2を製作した。なお、上記セラミック体2を構成する窒化アルミニウムの組成についてICPにて測定したところ、窒化アルミニウムの含有量が99.8重量%の高純度窒化アルミニウムセラミックスからなるものであった。

【0040】また、セラミック体2中に埋設する発熱パターンQのうち、後述にて接合する筒状支持体6より内側に位置する領域Q1における抵抗発熱体4aの単位面積当たりの抵抗値(R1/S1)と、上記筒状支持体6

より外側に位置する領域Q2における抵抗発熱体4bの単位面積当たりの抵抗値(R2/S2)をそれぞれ測定したところ、0.48Ω/cm<sup>2</sup>と0.36Ω/cm<sup>2</sup>であり、抵抗値(R1/S1)が抵抗値(R2/S2)に対して33%高かった。

【0041】次に、得られたセラミック体2の一方の主面を中心線平均粗さ(Ra)で0.1μmに研磨して載置面3を形成するとするとともに、上記セラミック体2の他方の主面に抵抗発熱体4に連通する2つの凹部を穿設したあと、該凹部にFe-Co-Ni合金からなる給電端子5を銀銅ロウにてロウ付け固定してセラミックヒータ1を得た。

【0042】そして、このセラミックヒータ1の下面に、外径70mm、厚み10mmの円筒状をした上記セラミック体2と同一の窒化アルミニウムセラミックスからなる筒状支持体6を拡散接合した。

【0043】そこで、このセラミックヒータ1に170Vの直流電圧を印加して載置面3を設定温度で700℃に発熱させ、載置面3の温度を放射温度計(商品名:サーモビューアー)にて測定したところ、図3に示すように、載置面3の平均温度が694℃、最も低いところでも設定温度に対して15℃以内とすることができ、設定温度700℃に対して2%以内の温度バラツキに抑えることができ、優れた均熱性が得られた。

【0044】一方、比較のために、発熱パターンQの形状は図2と同一で、抵抗調整していない抵抗発熱体14をセラミック体2中に埋設する以外は実施例と同様の方法にて製作したセラミックヒータ11を試作し、170Vの直流電圧を印加して載置面13を発熱させたところ、図4に示すように、載置面13の平均温度が654℃、最も低いところでは設定温度に対して114℃も低くなっており、設定温度700℃に対して16.2%と温度分布が大きくばらついていた。

【0045】(実験例1)そこで、実施例におけるセラミックヒータ1において、筒状支持体6より内側に位置する領域Q1における抵抗発熱体4aの単位面積当たりの抵抗値(R1/S1)と筒状支持体6より外側に位置する領域Q2における抵抗発熱体4bの単位面積当たりの抵抗値(R2/S2)を異ならせた時の載置面3における温度分布を確認する実験を行った。

【0046】それぞれの結果は表1に示す通りである。

【0047】この結果、抵抗値(R1/S1)を抵抗値(R2/S2)に対して3%以上、60%以下とすることにより、載置面3の温度バラツキを10%以内に抑えられることが判る。特に、抵抗値(R1/S1)を抵抗値(R2/S2)に対して5%以上、50%以下とすれば、載置面3の温度バラツキを5%以内に抑えることができ、優れた均熱性が得られた。

【0048】

【表1】

	$\frac{R1 \times S2}{S1 \times R2}$	最高温度 (℃)	最低温度 (℃)	温度差 (℃)	温度バラツキ (%)
※1	0 (%)	700	598	102	14.6
2	3 (%)	700	642	58	8.3
3	5 (%)	700	685	15	2.1
4	10 (%)	700	693	7	1.0
5	30 (%)	700	672	28	4.0
6	60 (%)	700	636	64	9.1
※7	80 (%)	700	601	99	14.1

※は本発明範囲外である。

【0049】(実験例2)次に、実験例1で用いたセラミックヒータ1の昇温速度を異ならせた時のセラミックヒータ1の耐久性について調べる実験を行った。

【0050】それぞれの結果は表2に示す通りである。

【0051】この結果、抵抗値( $R1/S1$ )を抵抗値( $R2/S2$ )に対して3%以上、60%以下とすることにより、 $20^\circ\text{C}/\text{min}$ の昇温速度としてもセラミック

\*クヒータ1に割れを生じることがなく、特に抵抗値( $R1/S1$ )を抵抗値( $R2/S2$ )に対して5%以上、20%以下とすることにより、 $50^\circ\text{C}/\text{min}$ の昇温速度においてもセラミックヒータ1に割れを生じることがなく優れていた。

【0052】

【表2】

	$\frac{R1 \times S2}{S1 \times R2}$	昇温速度 (min/℃)						
		5	10	15	20	30	40	50
※1	0 (%)	○	○	×	—	—	—	—
2	3 (%)	○	○	○	○	○	×	—
3	5 (%)	○	○	○	○	○	○	○
4	10 (%)	○	○	○	○	○	○	○
5	30 (%)	○	○	○	○	○	×	—
6	60 (%)	○	○	○	○	×	—	—
※7	80 (%)	○	○	×	—	—	—	—

※は本発明範囲外である。

○は割れなし ×は割れあり

【0053】

50 【発明の効果】以上のように、本発明によれば、略同心

円状又は略渦巻き状をした発熱パターンを有する抵抗発熱体を埋設してなるセラミック体の上面を被加熱物の載置面とし、上記セラミック体の下面にセラミックスからなる筒状支持体を接合してなるセラミックヒータにおいて、上記発熱パターンのうち筒状支持体より内側に位置する領域の面積を $S_1$ 、該筒状支持体より内側に位置する領域における抵抗発熱体の抵抗値を $R_1$ とし、上記発熱パターンのうち筒状支持体より外側に位置する領域の面積を $S_2$ 、該筒状支持体より外側に位置する領域における抵抗発熱体の抵抗値を $R_2$ とした時、 $R_1/S_1$ を $R_2/S_2$ に対して3~60%の範囲で大きくしたこと

から、筒状支持体を介して熱引きさるる温度を補い載置面の温度分布を均一化することができるとともに、20℃/min以上の速度で急速に昇温しても割れない信頼性の高いセラミックヒータを提供することができる。

【0054】しかも、セラミックヒータを構成するセラミック体や筒状支持体はハロゲン系ガスやプラズマに対して優れた耐食性、耐プラズマ性を有するセラミックスからなるため、成膜装置やエッチング装置に用いたとしても長期使用が可能であるとともに、腐食や摩耗に伴う塵の発生が少ないことから、例えば半導体製造装置用として用いたとしても半導体ウエハに悪影響を与えることがない。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)は本発明のセラミックヒータを示す一部を破断した斜視図、(b)は(a)のX-X線断面図である。

【図2】図1のセラミックヒータに埋設してなる発熱パターンを示す図である。

【図3】本発明のセラミックヒータの載置面における温

\*度分布を示す図である。

【図4】従来のセラミックヒータの載置面における温度分布を示す図である。

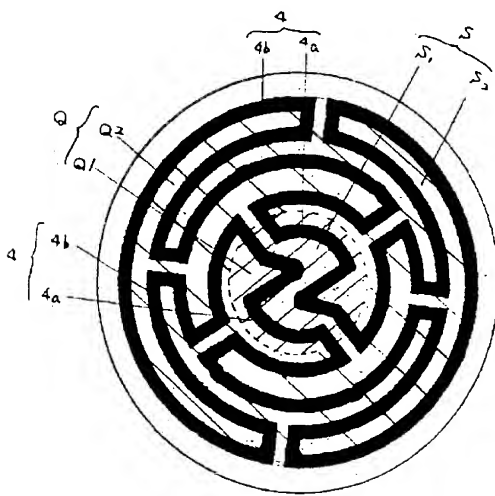
【図5】(a)は従来のセラミックヒータを示す一部を破断した斜視図、(b)は(a)のY-Y線断面図である。

【図6】図5のセラミックヒータに埋設してなる発熱パターンを示す図である。

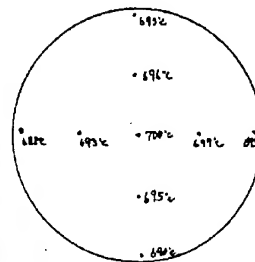
【符号の説明】

- |                |                        |
|----------------|------------------------|
| 1, 11          | ・・・セラミックヒータ            |
| 2, 12          | ・・・セラミック体              |
| 3, 13          | ・・・載置面                 |
| 4 (4a, 4b), 14 | ・・・抵抗発熱体               |
| 5, 15          | ・・・給電端子                |
| 6, 16          | ・・・筒状支持体               |
| Q, P           | ・・・発熱パターン              |
| Q1             | ・・・筒状支持体より内側に位置する領域    |
| Q2             | ・・・筒状支持体より外側に位置する領域    |
| S              | ・・・発熱パターンの全面積          |
| S1             | ・・・筒状支持体より内側に位置する領域の面積 |
| S2             | ・・・筒状支持体より外側に位置する領域の面積 |
| R1             | ・・・領域S1における抵抗発熱体の抵抗値   |
| R2             | ・・・領域S2における抵抗発熱体の抵抗値   |
| W              | ・・・被加熱物                |

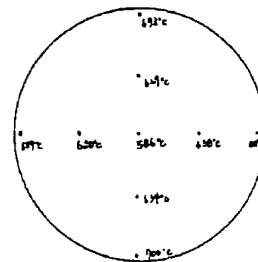
【図2】



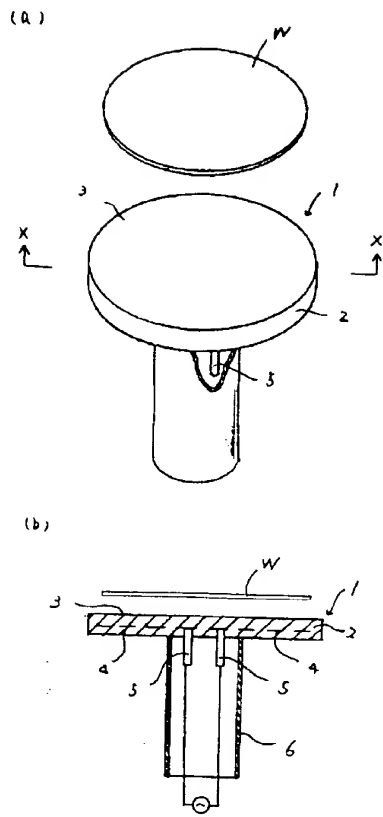
【図3】



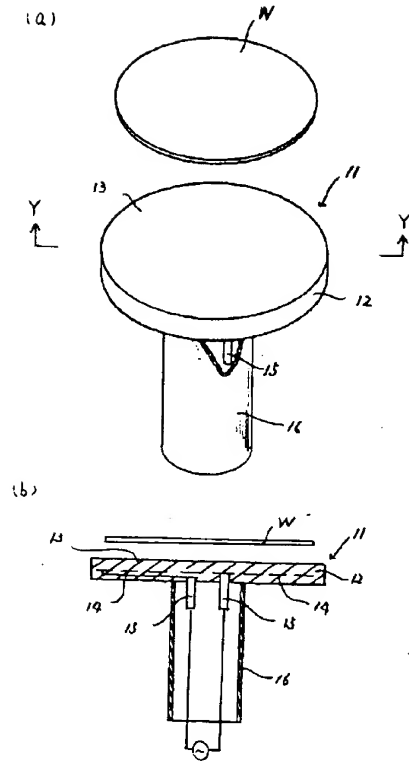
【図4】



【図1】



【図5】



【図6】

